

Магнитоакустический резонанс в солитонной фазе моноаксиального хирального гелимагнетика

Терещенко Алексей Анатольевич

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

Овчинников Александр Сергеевич, д.ф.-м.н.

tenxor@mail.ru

В данной работе исследуется магнитоакустический резонанс в солитонной фазе моноаксиального хирального гелимагнетика. Возможное решение подобной задачи рассматривалось для вынужденного ферромагнитного состояния в работе [1] и конической фазы в работе [2].

Данная фаза возникает при приложении перпендикулярно оси симметрии гелимагнетика внешнего магнитного поля меньше критического. Вдоль этой же оси предполагается распространение акустической волны. В результате взаимодействия упругой и магнитной подсистемы при помощи магнитострикции возникают магнитоупругие волны. Для описания распространения магнитоупругих волн используется феноменологическая модель магнитоупругого взаимодействия. Её использование оправдано тем, что исследуется непосредственно резонанс. В рассматриваемую энергию магнитоупругой системы включен однородный обмен, обмен Дзялошинского, магнитоупругое взаимодействие, упругое взаимодействие и взаимодействие Зеемана. Для получения уравнений движения магнитной и упругой подсистем, соответственно, используются уравнения Ландау-Лифшица и уравнения теории упругости. Далее из уравнений движения получаются дисперсионные соотношения для магнитоупругих волн.

В результате работы были получены линеаризованные уравнения движения, описывающие распространение магнитоупругих волн в солитонной фазе моноаксиального хирального гелимагнетика. Анализ дисперсионных соотношений показал, в следствии несоизмеримости подсистем, возможно явление мультирезонанса, вызванного геометрическим условием соизмеримости волнового вектора упругих волн и характерного волнового вектора солитонной решетки.

Список публикаций:

[1] Carmine Vittoria «Ferrimagnetic resonance and magnetoelastic excitations in magnetoelectric hexaferrites» *PHYSICAL REVIEW B* 92, 064407(2015).

[2] *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 118 (1993) 169-174 North-Holland; Coupled magnetoelastic and electromagnetic waves in uniaxial crystals having spiral magnetic structure; V.D. Buchel'nikov, I.V. Bychkov and V.G. Shavrov.

Исследование неравновесного критического поведения сложных спиновых систем

Шляхтич Мария Александровна

Прудников Павел Владимирович

Сибирский федеральный университет,

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского

Прудников Павел Владимирович, д.ф.-м.н.

mmed@mail.ru

Особенности поведения макроскопических систем в окрестности температуры фазового перехода второго рода определяются сильным взаимодействием долгоживущих флуктуаций параметра порядка. Так, слабое возмущение в окрестности критической точки может вызывать аномально сильный отклик и приводить к новым физическим эффектам. В этом плане, наиболее неожиданные явления возникают при рассмотрении влияния различных неравновесных начальных условий на аномально медленную релаксацию системы в критической области.

В [1] было показано, что если начальное состояние ферромагнитной системы характеризуется достаточно высокой степенью хаотизации спиновых переменных со значением относительной намагниченности $m_0 < 1$, то в критической точке процесс релаксации системы из данного начального неравновесного состояния на макроскопически малых временах будет характеризоваться не уменьшением, а увеличением намагниченности со временем по степенному закону с показателем, характеризуемым новым независимым динамическим критическим индексом θ' : $m(t) \sim t^{-\theta'}$, который принимает положительные значения. При этом, с увеличением времени коротковременная динамика параметра порядка при $t \gg t_{cr} \sim m_0^{-1/(\theta' + \beta/\nu)}$ сменяется на привычную долговременную динамику уменьшения параметра порядка со временем по степенному закону $m(t) \sim t^{-\beta/\nu}$ с показателем, определяемым статическими критическими индексами β и ν и динамическим критическим индексом z .

В данной работе ставилась задача исследовать неравновесное критическое поведение неупорядоченной системы с 3-компонентным параметром порядка с учетом эффектов влияния дальнедействующей корреляцией

дефектов. Была исследована коротковременная критическая динамика с не сохраняющимся параметром порядка в трехмерных Гейзенберовских магнетиках с дальнедействующей корреляцией дефектов со спиной концентрацией $p = 0.80$. Критическое поведение трехмерной неупорядоченной ферромагнитной модели Гейзенберга описывается гамильтонианом:

$$H = -J \sum_{i,j}^N p_i p_j \vec{S}_i(t) \vec{S}_j(t) \quad (1)$$

где $\vec{S}_i = (S_i^x, S_i^y, S_i^z)$ - это трехмерный единичный вектор в узле i , $J > 0$ характеризует обменное взаимодействие ближайших спинов, носящее ферромагнитный характер, p_i - случайные переменные, характеризующие замороженный структурный беспорядок в системе. Полагается, что дальнедействующие эффекты корреляции между точечными дефектами реализуются в виде случайно ориентированных линий с корреляционными характеристиками, спадающими по степенному закону с показателем $a = 2$ [2].

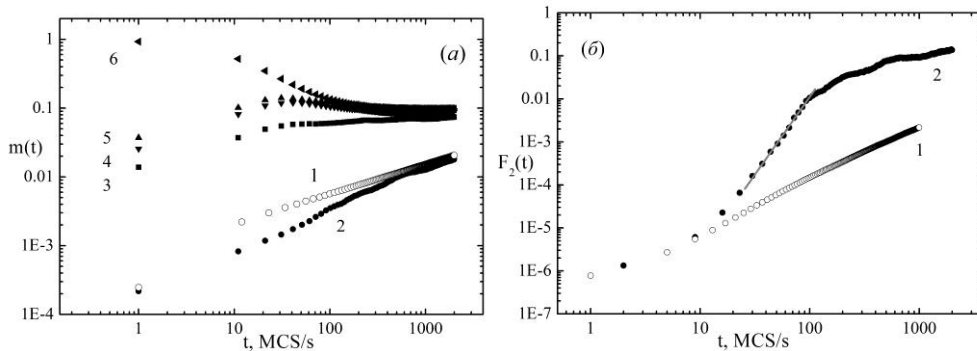


рис.1. Временные зависимости намагниченности $m(t)$ (а) для различных начальных состояний $m_0 = 0.0001$ (1,2); 0.01 (3); 0.02(4); 0.03(5); 1(6) и кумулянта $F_2(t)$ (б). Моделирование проводилось с помощью кластерного алгоритма Вольфа (2-6) и алгоритма Метрополиса (1).

При найденной критической температуре $T_c(p=0.8)=1.197(2)$ J/кБ [3] было осуществлено численное исследование неравновесной критической динамики в коротковременном режиме для трехмерной слабо неупорядоченной модели Гейзенберга с линейными дефектами с использованием алгоритма Метрополиса и кластерного алгоритма Вольфа. Были исследованы временные зависимости намагниченности $m(t)$ при моделировании из различных начальных состояний $m_0 = 1$; 0.03; 0.02; 0.01; 0.0001 (рис. 1а), кумулянт $F_2(t, L) = m(2)m_0 - (m(t, L))^2$ $m_0 = 1 \sim t d/z$ (рис. 1б), $U_2(t) = m(2)/m_2 - 1 \sim t d/z$, второй момент намагниченности $m(2)(t) \sim t c^2$ и автокорреляционная функция $C(t) \sim t^{-\alpha}$, где $c^2 = (d - 2\beta/v)/z$, $\alpha = d/z - \theta'$, где $d=3$ размерность системы. Были получены следующие значения критических индексов $\beta/v = 0.510(78)$, $z = 2.257(61)$, $\theta' = 0.453(26)$ при моделировании алгоритмом Метрополиса и $\beta/v = 0.565(10)$, $z = 0.861(9)$, $\theta' = 0.547(25)$ при моделировании кластерным алгоритмом Вольфа. На рис. 1а наглядно представлена смена коротковременной динамики параметра порядка на временах до 100 MCS/s на привычную долговременную динамику уменьшения параметра порядка со временем по степенному закону $m(t) \sim t^{-\beta/zv}$ при моделировании из начальных состояний с $m_0 = 0.03$; 0.02; 0.01 с использованием кластерного алгоритма Вольфа. Однако при тех же начальных условиях при моделировании алгоритмом Метрополиса данная смена происходит на временах порядка 10 000 MCS/s.

Традиционное моделирование критического поведения системы взаимодействующих частиц методом Монте-Карло наталкивается на трудности, связанные в основном с явлением критического замедления, характеризующимся тем, что время релаксации системы, как и время корреляции состояний, неограниченно растет по мере приближения к критической температуре и степенной характер их асимптотической зависимости от приведенной температуры определяется критическим индексом z : $\tau_{corr,rel} \sim |T_c - T|^{-z\nu}$. Для уменьшения эффектов влияния критического замедления применяют кластерные алгоритмы Вольфа или Сведсена-Ванга. Полученные значения показателя z демонстрируют уменьшение влияния критического замедления.

Проведенные исследования были поддержаны грантом РФФИ №16-32-00581 мол_а, грантом Президента РФ №МД-6024.2016.2, проектом Министерства образования и науки РФ №1627, в рамках государственного задания ВУЗам в части проведения научно-исследовательских работ на 2014-2016 гг. Для проведения расчетов были использованы ресурсы суперкомпьютерного комплекса МГУ им. М.В. Ломоносова и межведомственного суперкомпьютерного центра РАН.

Список публикаций:

- [1] Janssen H.K., Schaub B., and Schmittmann B. // *Z. Phys. B.* 1989. V. 73. P. 539.
- [2] Weinrib A., Halperin B.I. // *Phys. Rev. B.* 1983. V. 27. P. 413.
- [3] Prudnikov P.V., Medvedeva M.A. // *PTP.* 2012. V. 127. N. 3. P. 369.